

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan April 2016 sampai dengan Juni 2016. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

### 3.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tanah yang berasal dari Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur.
2. Kapur dalam bentuk serbuk yang dibeli di toko bangunan.

### 3.3 Peralatan Penelitian

Untuk mendukung terlaksananya penelitian ini, digunakan peralatan sebagai berikut:

1. Kotak (*box*) dengan ukuran  $30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3$  yang terbuat dari *fiberglass*. *Box* dibuat cukup kaku dengan diperkuat menggunakan profil siku 30.30.3 pada ujung-ujung sisinya. Selain itu, penggunaan *fiberglass* berfungsi agar perilaku benda uji dapat diamati pada saat pelaksanaan.
2. Pipa besi dengan diameter 3 cm yang digunakan untuk instalasi kolom *Deep Soil Mixing* (DSM).
3. Saringan No.4.
4. Gelas Ukur
5. Bak Pencampur
6. Sendok
7. Timbangan Digital
8. Alat pemadat untuk sampel tanah asli memiliki berat 9,56 kg dengan luas permukaan  $12,5 \times 12,5 \text{ cm}^2$ .
9. Alat pemadat *Deep Soil Mixing* memiliki berat 2,56 kg dan diameter 3 cm
10. Ring *density*
11. Palu
12. Penggaris

13. Waterpass
14. Plastik kresek
15. Karung goni
16. Alat uji beban vertikal berupa pompa hidrolik, dongkrak hidrolik
17. Pelat baja 5x5 cm<sup>2</sup> dan tebal 1,5 cm
18. Dial LVDT
19. *Load cell*
20. *Frame* pembebanan (portal)

### 3.4 Metode Penelitian

#### 3.4.1 Pengujian Pendahuluan

Untuk mendukung penelitian ini maka dilakukan penelitian pendahuluan untuk memastikan kondisi tanah yang akan diuji merupakan tanah lempung ekspansif. Dalam penelitian pendahuluan terdiri dari beberapa macam pengujian yaitu:

1. Pemeriksaan *specific gravity* (ASTM 1992 D 854-92);
2. Pemeriksaan batas cair, batas plastis indeks plastisitas tanah (ASTM 1984 D 4318-84);
3. Pemeriksaan batas susut (ASTM D 427-04);
4. Pengujian klasifikasi tanah metode USCS (ASTM 1992 D 2487-92);
5. Pengujian proktor standar (ASTM D-698 (Metode B)).

Pengujian *specific gravity*, indeks plastisitas, batas susut dan klasifikasi tanah digunakan untuk memastikan kondisi tanah merupakan tanah jenis lempung ekspansif. Setelah jenis tanah diketahui, penelitian dilanjutkan dengan pengujian proktor standar.

Tujuan dari pengujian proktor standar untuk mendapatkan nilai kadar optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum ( $\gamma_d$ ) yang selanjutnya akan diaplikasikan ke dalam *box* benda uji. Dalam pengujian proktor standar didapatkan berat isi kering ( $\gamma_d$ ) sebesar 1,407gr/cm<sup>3</sup> dan kadar air optimum (OMC) 27,9%. Namun setelah diaplikasikan ke dalam *box* benda uji, berat isi kering tanah relatif yang dapat dilaksanakan sebesar 1,28 gr/cm<sup>3</sup> dan kadar air (OMC) 27,9%. Percobaan pemadatan dalam *box* dilakukan dengan menggunakan alat dengan berat 9,56 kg dan ukuran permukaan 12,5x12,5cm<sup>2</sup>. Pemadatan dilakukan pada setiap lapis dengan ketinggian 5 cm sebanyak 6 kali putaran dan jumlah lintasan sebanyak 4 lintasan untuk satu putaran. Untuk mendapatkan jumlah tumbukan dan berat isi relatif, dalam percobaan ini dilakukan dengan metode *trial error* yaitu dengan melakukan percobaan berulang-ulang hingga didapat berat isi kering relatif dalam *box*

yang dapat dilaksanakan hingga ditetapkan jumlah tumbukan yang diperlukan. Setelah berat isi kering relatif dan jumlah tumbukan diperoleh dapat dilanjutkan dengan pembuatan sampel pada *box* uji.

Selain kepadatan tanah dalam *box* ditentukan, kepadatan tanah *Deep Soil Mixing* juga ditentukan. Untuk mendapatkan berat isi kering tanah campuran 10% kapur 1,41 gr/cm<sup>3</sup> dilakukan kontrol ketinggian tiap 5 cm dengan penumbuk seberat 2,56 kg dengan diameter 2,9cm.

### 3.4.2 Persiapan Benda Uji

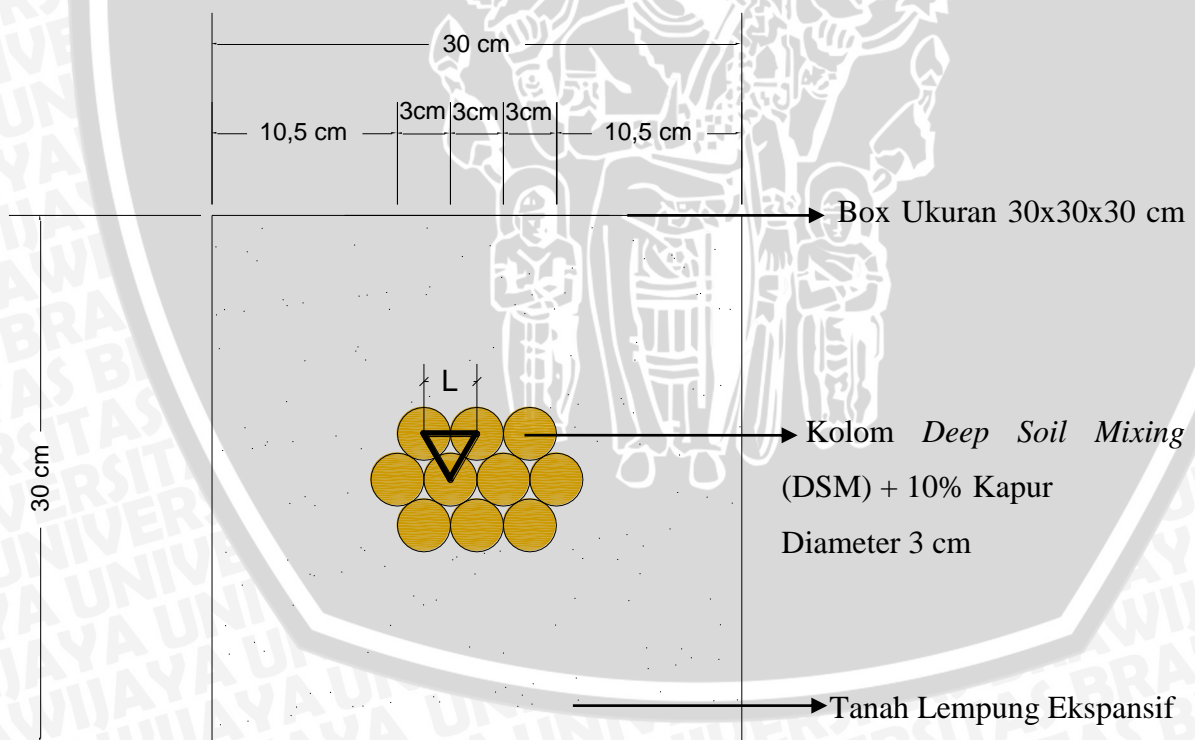
Sampel tanah merupakan tanah lempung ekspansif kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro. Setelah sampel tanah lempung ekspansif dan kapur telah diperoleh, berikutnya adalah tahapan persiapan benda uji. Adapun persiapan benda uji meliputi kegiatan sebagai berikut:

1. Sampel tanah dikeringkan dengan dijemur dibawah terik matahari hingga mudah dihancurkan.
2. Sampel tanah diayak lolos saringan No.4
3. Sampel tanah yang lolos saringan No.4 kemudian ditambahkan air dengan kadar air optimum(OMC) 27,9% yang digunakan sebagai tanah dasar atau asli. Pencampuran dilakukan hingga merata pada seluruh bagian selama 2 sampai 5 menit. Kemudian sampel dijenuhkan di dalam kresek selama 1 hari sehingga homogen.
4. Pembuatan benda uji dibagi menjadi dua kondisi yaitu kondisi tanah asli tanpa stabilisasi *Deep Soil Mixing* dan kondisi tanah dengan stabilisasi *Deep Soil Mixing*.
5. Tanah dasar atau asli dimasukkan ke dalam *box* berukuran (30x30x30) cm hingga ketinggian (H) 20 cm. Sampel dibagi menjadi 4 lapis dengan tinggi tiap lapisnya 5cm. Setiap lapisan dilakukan penumbukan sebanyak 6 kali putaran dengan jumlah lintasan sebanyak 4 lintasan untuk satu putaran. Pemadatan dilakukan menggunakan alat pemadat yang memiliki berat 9,56 kg dengan dimensi permukaan 12,5 x 12,5 cm dan tinggi jatuh tumbukan 21,5cm.
6. Untuk kondisi tanah dengan stabilisasi *Deep Soil Mixing* (DSM), setelah tanah dipadatkan, dilanjutkan dengan pembuatan lubang kolom untuk tanah sesuai dengan instalasi jarak dan panjang yang sudah ditentukan dengan bantuan pipa

besi. Dilanjutkan dengan persentase pencampuran tanah yang dicampur dengan 10% kapur.

7. Sampel tanah yang sudah dicampur 10% kapur dimasukkan ke dalam instalasi kolom yang sudah ditentukan jarak dan panjangnya (lihat Tabel 3.1). persentase instalasi dilakukan dengan tahap sebagai berikut :
  - a. Tanah campuran kapur dimasukkan ke dalam lubang dengan beberapa lapisan sesuai dengan tinggi variasi. Setiap lapisan memiliki tebal 5 cm.
  - b. Tiap lapisan dilakukan penumbukan dengan alat yang memiliki diameter 2,9 cm yang dipukul persentase dengan berat 2,56 kg .
8. Setelah proses instalasi selesai dilanjutkan proses waktu perawatan selama 3 hari.
9. Setelah proses waktu perawatan mencapai 3 hari dilanjutkan uji pembebanan.

Dalam pemodelan benda uji, dilakukan variasi jarak dan panjang pada konfigurasi kolom DSM yang digunakan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi tersebut terhadap daya dukung tanah. Konfigurasi yang digunakan adalah konfigurasi pola *triangular* dengan diameter (D) 3 cm yang ditampilkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3.1.** Pemodelan DSM Pola *Triangular*

Adapun variasi jarak dan panjang *Deep Soil Mixing* (DSM) berpola *Triangular* akan ditabelkan sebagai berikut:

**Tabel 3.1.** Variasi Jarak dan Panjang DSM Diameter (D) 3 cm Berpola *Triangular*

		Jarak Antar Kolom (L) ; Diameter (D) = 3 cm		
		L = 1 D	L = 1,25 D	L = 1,5 D
Panjang Kolom (Df) ; Lebar Plat (B) = 5 cm	Konfigurasi Pola <i>Triangular</i>			
	Df = 2B	Variasi 1 	Variasi 2 	Variasi 3 
	Df = 3B	Variasi 4 	Variasi 5 	Variasi 6 
Df = 4B	Variasi 7 	Variasi 8 	Variasi 9 	

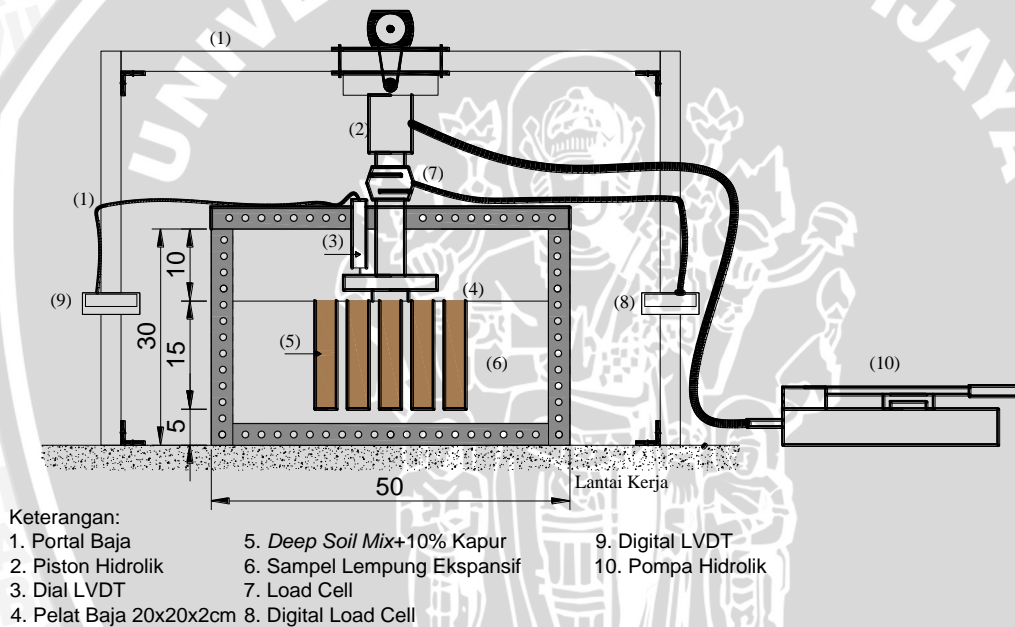
### 3.4.3 Uji Pembebanan (*Load Test*)

Pengujian pembebanan dilakukan dengan menggunakan *hydraulic jack* atau dongkrak hidrolik. Sebagai pengukur besarnya beban yang terjadi, digunakan *load cell* dengan kapasitas 5 ton dan dapat langsung dibaca besarnya beban yang terjadi. Untuk mengetahui besarnya penurunan yang terjadi, digunakan alat *LVDT*.

Pada proses uji beban diawali dengan persiapan alat uji beban dengan meletakkan *frame* uji beban di tengah *box* sampel tanah agar model pondasi berada tepat di tengah benda uji. Setelah *frame* dipasang dilanjutkan dengan meletakkan alat pemberat pada *frame* dengan tujuan agar *frame* uji beban tidak terangkat ketika uji beban berlangsung.

Selanjutnya dilakukan pemasangan dongkrak hidrolik, *load cell*, *piston* dan pelat model pondasi.

Pada uji beban vertikal model pondasi, ujung atas dari dongkrak hidrolik dihubungkan dengan *frame* pembebanan yang terbuat dari baja profil. Sedangkan ujung bawah dongkrak hidrolik dihubungkan pada *load cell* dilanjutkan dengan *piston* untuk meneruskan beban pada pelat baja. Pelat baja berfungsi untuk mendistribusikan beban terpusat dari *piston* dongkrak hidrolik menjadi beban merata yang digunakan sebagai model pondasi pada proses pembebanan. Letak dongkrak hidrolik diatur sedemikian rupa sehingga terpasang pada pusat pelat baja dan pelat baja terpasang tepat diatas benda uji (lihat Gambar 3.2). Hasil akhir dari uji pembebanan akan diperoleh kurva Beban-penurunan tanah sehingga didapatkan daya dukung tanah ekspansif.



**Gambar 3.2.** Skema Uji Pembebanan

Pengujian pembebanan yang pertama dilakukan terhadap benda uji tanah asli yang belum distabilisasi menggunakan kolom kapur. Hal ini dilakukan guna mengetahui kurva daya dukung tanah asli yang nantinya akan dibandingkan dengan tanah yang telah distabilisasi. Pengujian pembebanan selanjutnya dilakukan terhadap benda uji yang telah distabilisasi menggunakan kolom kapur. Pengujian dilakukan sebanyak 9 kali sesuai dengan variasi jarak dan panjang yang telah ditentukan sebelumnya. Dari pengujian ini diharapkan akan memberikan perilaku terhadap daya dukung tanah dari seluruh benda uji dan diperoleh jarak dan panjang optimum kolom kapur yang memberikan pengaruh terbesar pada daya dukung tanah.

Langkah-langkah pengujian pembebanan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan model benda uji
2. Meletakkan pelat baja di tengah pada permukaan benda uji
3. Menyiapkan dan memasang satu set alat uji pembebanan serta dial *LVDT* seperti pada Gambar 3.2.
4. Melakukan uji pembebanan dengan menggunakan dongkrak hidrolik
5. Pembebanan dilakukan bertahap dengan interval pembacaan dial *LVDT* 50 dan kemudian pembebanan dihentikan ketika pada alat pembaca menunjukkan 3 kali beban sama namun penurunan tetap terjadi
6. Mencatat beban dan penurunan yang terjadi (Tabel 3.2)

**Tabel 3.2.** Pembacaan *Load Cell* dan Dial *LVDT*

Pembacaan <i>LVDT</i>	Interval $\Delta$	Luas Pelat $A$ $\text{cm}^2$	Penurunan $S = \Delta \times 0.005$ $\text{mm}$	Pembacaan Beban $P$ $\text{kg}$	Tegangan $q = P/A$ $\text{kg/cm}^2$
0					
50					
100					
150					
200					
250					
300					

### 3.5 Metode Analisa Data

Data yang telah dicatat dari hasil pembacaan uji pembebanan, kemudian diolah dengan persamaan yang telah ada dengan bantuan Software Microsoft Excel. Dari penelitian yang dilakukan akan didapatkan nilai beban dan penurunan yang terjadi akibat beban vertikal. Dari beban tersebut maka dapat diketahui berapa daya dukung dari tanah yang diuji berdasarkan luas pondasi model. Kemudian akan dibuat grafik perilaku tegangan dan penurunan tanah lempung ekspansif asli maupun distabilisasi dengan 10% kapur metode *Deep Soil Mixing* (DSM) untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah hasil pengujian beban vertikal pondasi. Dengan memberikan variasi jarak dan panjang kolom kapur akan diketahui peningkatan daya dukung tanah tersebut. Perhitungan daya dukung digunakan rumus sebagai berikut:

$$q_u = \frac{P_u}{A} \dots\dots\dots(3-1)$$

dengan,  $q_u$  = kapasitas dukung ultimit ( $\text{kN/m}^2$ )

$P_u$  = beban ultimit (kN)

$A$  = luas pondasi ( $\text{m}^2$ )

Dari hasil uji beban (*load test*), maka daya dukung batas tanah ( $q_u$ ) yang bersangkutan untuk pondasi di atas tanah lempung dapat dihitung dengan metode pendekatan berikut:

$$Q_u(\text{pondasi}) = Q_u(\text{pelat})$$

Dari data uji beban, kemudian akan dibuat grafik hubungan antara beban dan penurunan tanah lempung ekspansif yang distabilisasi dengan 10% kapur menggunakan metode *Deep Soil Mixing* (DSM). Dari adanya variasi jarak dan panjang kolom kapur akan diketahui bagaimana pengaruhnya terhadap nilai daya dukung tanah.

### 3.6 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan dua variabel, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Pembagian dua variabel tersebut adalah sebagai berikut:

a. Variabel bebas, terdiri dari:

- Konfigurasi
- Diameter
- panjang kolom
- Jarak antar kolom

b. Variabel terikat, terdiri dari:

- Tegangan
- Penurunan yang terjadi akibat pembebanan

### 3.7. Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini dibuat dua jenis benda uji, yaitu benda uji berupa tanah asli dan tanah yang telah distabilisasi dengan campuran 10% kapur menggunakan metode *Deep Soil Mixing* (DSM). Pengujian pembebanan dilakukan terlebih dahulu terhadap tanah asli dan kemudian terhadap tanah yang telah distabilisasi. Nantinya akan diperoleh perilaku tegangan-penurunan tanah sebelum dan sesudah stabilisasi yang diberi variasi jarak dan panjang kolom kapur dilakukan. Rancangan penelitian ditampilkan dalam Tabel 3.3.



Tabel 3.3. Rancangan Penelitian Variasi Jarak dan Panjang Kolom DSM

Jenis Sampel	Jarak DSM (cm)	Panjang DSM (cm)	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (kg)	Daya Dukung (kg/cm <sup>2</sup> )
Tanah Asli	-	-	-	-	-
		2 B = 10 cm			
	1 D = 3 cm	3 B = 15 cm			
		4 B = 20 cm			
Tanah + 10% Kapur	1,25 D = 3,75 cm	2 B = 10 cm			
		3 B = 15 cm			
		4 B = 20 cm			
	1,5 D = 4,5 cm	2 B = 10 cm			
		3 B = 15 cm			
		4 B = 20 cm			

Tabel 3.4. Daya Dukung dengan Variasi Jarak DSM

No	Panjang DSM (Df)	Jarak DSM (L)	Luas Pelat (cm <sup>2</sup> )	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (Pu) (kg)	Daya Dukung (qu) (kN/m <sup>2</sup> )
1		1 D = 3 cm	25			
2	2 B = 10 cm	1,25 D = 3,75 cm	25			
3		1,5 D = 4,5 cm	25			
4	3 B = 15 cm	1 D = 3 cm	25			
5		1,25 D = 3,75 cm	25			
6		1,5 D = 4,5 cm	25			
7	4 B = 20 cm	1 D = 3 cm	25			
8		1,25 D = 3,75 cm	25			
9		1,5 D = 4,5 cm	25			

Tabel 3.5. Daya Dukung dengan Variasi Panjang DSM

No	Jarak DSM (L)	Panjang DSM (Df)	Luas Pelat (cm <sup>2</sup> )	Penurunan (mm)	Beban Maksimum (Pu) (kg)	Daya Dukung (qu) (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1 D = 3 cm	2 B = 10 cm	25			
2		3 B = 15 cm	25			
3		4 B = 20 cm	25			
4	1,25 D = 3,75 cm	2 B = 10 cm	25			
5		3 B = 15 cm	25			
6		4 B = 20 cm	25			
7	1,5 D = 4,5 cm	2 B = 10 cm	25			
8		3 B = 15 cm	25			
9		4 B = 20 cm	25			

Untuk mengetahui pengaruh jarak dan panjang *Deep Soil Mixing* (DSM) untuk meningkatkan daya dukung tanah dilakukan analisis *Bearing Capacity Improvement* (BCI). Nilai BCI dapat diperoleh dengan persamaan (3-2):

$$BCI = \frac{qu \text{ tanah dengan DSM}}{qu \text{ tanah asli}} \times 100\% \quad \dots \dots \dots (3-2)$$

Hasil analisis *Bearing Capacity Improvement* (BCI) kemudian disajikan dalam tabel berikut:

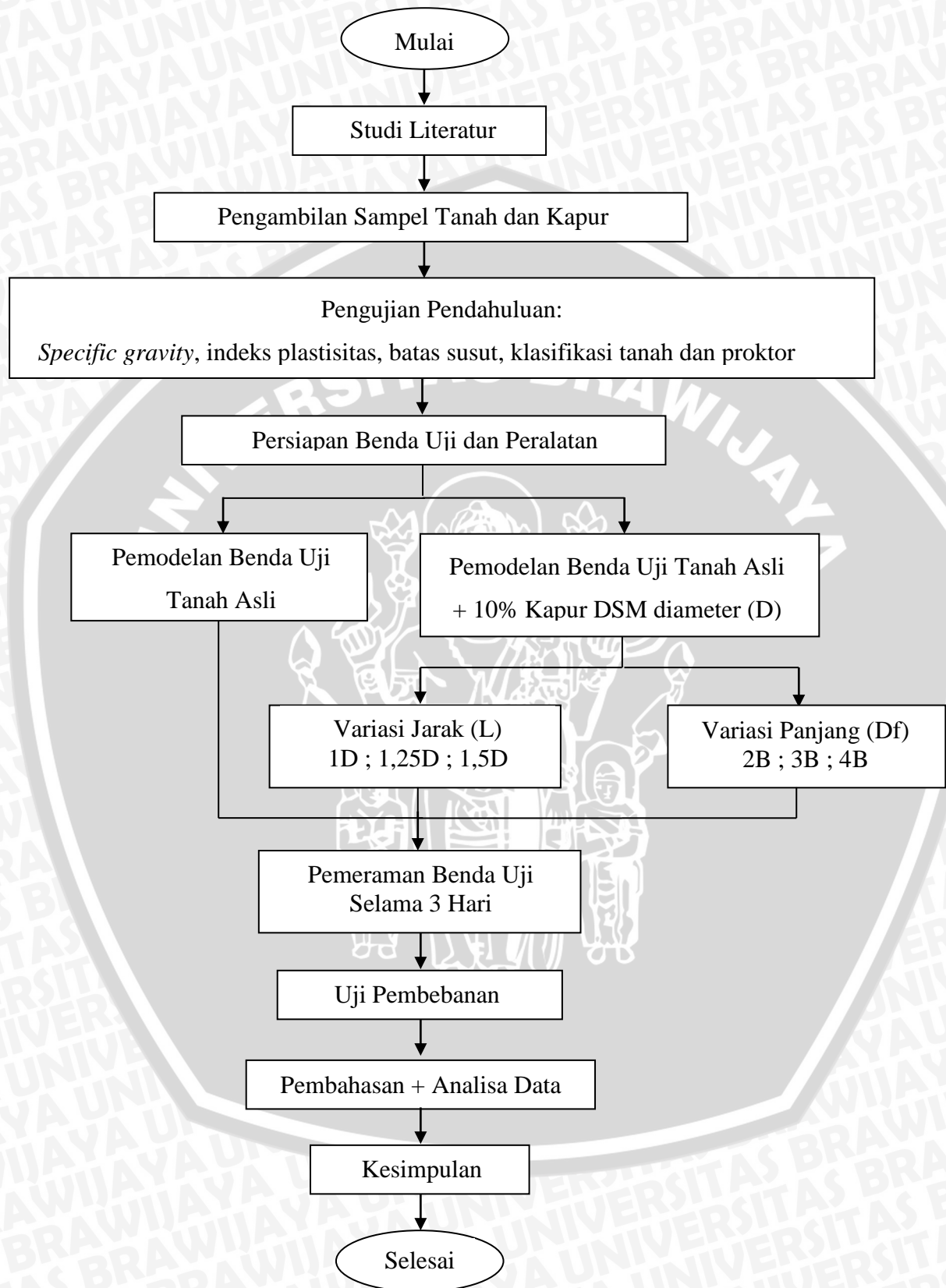
**Tabel 3.6.** *Bearing Capacity Improvement* (BCI) untuk Variasi Jarak DSM

No	Panjang DSM (Df)	Jarak DSM (L)	$q_u$ tanah asli (kg/cm <sup>2</sup> )	$q_u$ dengan DSM (kg/cm <sup>2</sup> )	BCI (%)
1		1 D = 3 cm			
2	2 B = 10 cm	1,25 D = 3,75 cm			
3		1,5 D = 4,5 cm			
4		1 D = 3 cm			
5	3 B = 15 cm	1,25 D = 3,75 cm			
6		1,5 D = 4,5 cm			
7		1 D = 3 cm			
8	4 B = 20 cm	1,25 D = 3,75 cm			
9		1,5 D = 4,5 cm			

**Tabel 3.7.** *Bearing Capacity Improvement* (BCI) untuk Variasi Panjang DSM

No	Jarak DSM (L)	Panjang DSM (Df)	$q_u$ tanah asli (kg/cm <sup>2</sup> )	$q_u$ dengan DSM (kg/cm <sup>2</sup> )	BCI (%)
1		2 B = 10 cm			
2	1 D = 3 cm	3 B = 15 cm			
3		4 B = 20 cm			
4		2 B = 10 cm			
5	1,25 D = 3,75 cm	3 B = 15 cm			
6		4 B = 20 cm			
7		2 B = 10 cm			
8	1,5 D = 4,5 cm	3 B = 15 cm			
9		4 B = 20 cm			

### 3.8 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 3.3.** Diagram Alir Penelitian

